

ブロードバンドネットワークを用いた動画像双方向通信 の福井県における試行

奥田 篤士* 鈴木 三大* 土田 晃弘* 桜井 哲真**

Trial Communications of Motion Pictures on a Broadband Network in Fukui Prefecture

Atsushi OKUDA*, Mitsuhiro SUZUKI*, Akihiro TSUCHIDA* and Tetsuma SAKURAI**

(Received August 24, 2001)

In this paper, trial communications of motion pictures on a broadband network in Fukui Prefecture are described. Japan Gigabit Network is used as a main communication network for this purpose. In addition, proposed system configuration provides such communications among remote places with and without an access point of Japan Gigabit Network. The way of extending the broadband network and the choice of motion picture communication systems are mentioned in detail.

Key Words: Broadband Network, Japan Gigabit Network, ATM, Optical Fiber, MPEG-2, Motion Picture

1. はじめに

平成12年9月、福井大学にアクセスポイントが設置された Japan Gigabit Network(JGN)とは、通信・放送機構が保有する超高速光ファイバー通信網(ギガビットネットワーク通信回線:以下 Gigabit ネットワークと記す)である^[1]。光ファイバ社会早期実現の為の研究開発を目的としているこのネットワークは、平成15年度末までの間、営利を目的としない、大学、研究機関、行政機関、地方自治体、企業等に開放されている。Gigabit ネットワークを利用する為にはアクセスポイントを経由する必要がある。このアクセスポイントは全国に54箇所存在する(平成13年6月1日時点)。福井県唯一となる福井大学のアクセスポイント設置は、全国30番目であり、福井県の人口や経済規模から考慮すると早い対応と言える。

この Gigabit ネットワークを介してさまざまな研究がなされており、その多くは超高速ネットワークの特性を生かした動画像通信技術に関する研究が多

い^{[2][3]}。しかし、Gigabit ネットワークを用いた動画像通信には、両地点に Gigabit ネットワークのアクセスポイントが必要であった。我々は、これに対して Gigabit ネットワークのアクセスポイントから専用回線を延伸し、Gigabit ネットワークのアクセスポイントが無い地点との間でも双方向動画像通信を可能とする技術の確立を目指した。

本稿では、Gigabit ネットワークと一般的な広帯域専用線とを接続可能とするシステム構成について具体的に述べると共に、動画像双方向通信を可能とする技術に関して報告する。

2. 動画像双方向通信を可能にするシステム

2.1 システムの選定

2 地点間の動画像双方向通信の実現には、どのような動画像を送り、どのようなネットワークを用いるか、という2項目を決定しなくてはならない。これに関し、まず、福井大学と福井県立大学の県内2大学を結ぶ動画像双方向通信のネットワーク構築を事例に述べる。本事例のように、大学間で動画像の双方向通信を行なうことは、学生あるいは教官の間のコミュニケーションや研究に関する意見交換、あるいは他大学授業の受講という効用が期待できる^[4]。しかしこのような利用においては、送受信の画像及

*大学院工学研究科

* Information Science Course, Graduate School of Engineering

**工学部情報・メディア工学科

**Dept. of Information Science

び音声に遅延が生じると、違和感があると考えた。音声遅延の違和感は、TV の衛星中継の会話(音声がおおよそ 0.3 秒遅延)などで日常的に体験しているところである。我々は、こちらのアナウンサーの問いかけに一瞬、現地キャスターの遅れを気に留めることが多い。このことから、通常の教室における臨場感を損なわない程度の時間に動画像の遅延を抑えるネットワークの構成が重要だと考えた。また、遠隔地の授業の受講には、黒板や OHP などの資料映像を視聴する教室において視認性良く表示される必要があると考えた。

ネットワークを用いて動画像を伝送する場合は、圧縮形式と非圧縮形式がある。圧縮形式には H.261 や MPEG などが挙げられ、非圧縮形式には AVI が挙げられる^{[5][6]}。非圧縮形式の場合、画像が明瞭であり、遅延が少ないという利点を持つ。しかし、ネットワークトラフィックに柔軟な対応が出来ないという欠点がある。一方、圧縮形式の場合は、圧縮比率を変更することによってネットワークトラフィックに柔軟な対応が出来る利点をもつ。しかし、圧縮作業があるため、遅延が生じ、さらに、圧縮行為によって元画像と比べ劣化するという欠点を持つ。

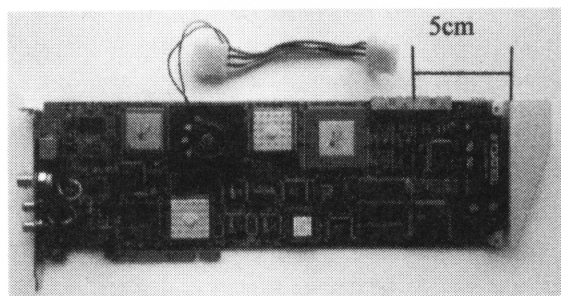
この画像の圧縮に関しては、カメラで撮影した黒板の文字の視認性への影響を考慮する必要がある。川崎は、画素数 30 万画素以上の DV カメラを用いて、撮影する黒板幅を 2 m 以内、文字の大きさ 10 cm 以上にした場合、AVI の非圧縮形式の撮影動画像と MPEG-2 の圧縮形式のそれとを比較した場合、視認性に差異がないという結果を示している^[7]。この結果から、MPEG-2 動画像通信を人間が違和を感じる遅延以内に抑えることが出来れば、ネットワークトラフィックへの柔軟な対応と、視認性の両立が動画像双方向通信で実現し、大学間で臨場感を維持した授業が可能であると考えた。ベル研究所の Riesz と Klemmer によれば、人間の許容できる音声遅延として、一方向の音声遅延が 0.4 秒以内であれば会話が成立するという^[8]。現時点において、遅延が 0.4 秒で、川崎の提案する画質を維持するエンコード/デコードのソフトウェアは存在しないのでハードウェアエンコーダ/デコーダとその支援ソフトウェアの採用を考えた。種々のネットワークハードウェア、エンコーダ、デコーダについて評価した結果、動画像の通信及び伸張に要する時間が衛星通信並みの 0.3 秒の低遅延であり、かつ DVD 並みの動画像品質を可能とする MPEG システム(NTT エレクトロニクス株式会社製の MPEG REIMAY エンコーダ/デコーダ)を採用した。この MPEG システムはパソコン(以下、PC と記す)の PCI に接続する拡張ボードであり、PC

を使用することによって種々のネットワークハードウェアに対応でき、また MPEG-2 のパラメータを変更できる利点を持つ^{[9][10]}。この MPEG エンコーダ/デコーダを図 1 に示す。

2.2 MPEG-2 のパラメータ

MPEG-2 のパラメータに関して述べる。MPEG-2 は、さまざまなアプリケーションを想定して、機能や品質を選択できるアルゴリズム構成になっており、そのために設けられた規格をプロファイル(Profile)及びレベル(Level)と呼ぶ^{[5][11]}。プロファイルとはビットストリームを構成するパラメータやフラグのサブセットを表し、これにより符号化・復号化のアルゴリズムの基本構成が定義される。一方、レベルとはビットストリーム内のパラメータに加えられる制約条件を表し、これによりプロファイルで定まる一定のアルゴリズム構成において達成される品質が定義される。ここでいう制約条件とはビットレートやサンプリングレートを表す。プロファイルには、シンプル(Simple)/メイン(Main)/SNR スケーラブル(SNR Scalable)/空間スケーラブル(Spatially Scalable)/ハイ 4 2 2 プロファイル(High 422 Profile)/マルチビュープロファイル (MultiView Profile) の 7 種類があり、レベルにはロー (Low)/メイン (Main)/ハイ 1440(High-1440)/ハイ (High) の 4 種類がある。この種類の組み合わせで MPEG-2 の規格は 17 種類定義されている。その一部を表 1 に示す。身近な例でい

(a) MPEG エンコーダボード



(b) MPEG デコーダボード

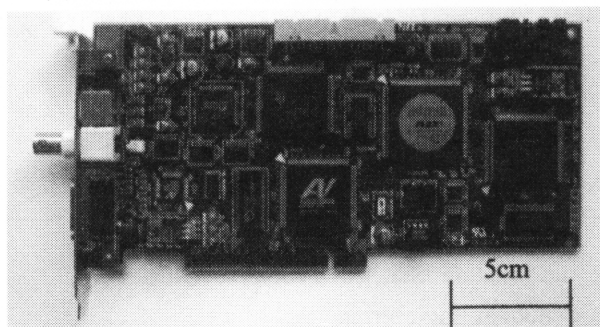


図 1 MPEG システムの概観

例えばメインレベルシンプルプロファイルは SP@ML と表し、ケーブル TV に使用されている。また、メインレベルメインプロファイルは MP@ML と表し、DirecTV やデジタル TV に使用されている。今回使用した MPEG デコーダはプロファイルの低い順に、メインレベルシンプルプロファイル(SP@ML)、メインレベルメインプロファイル(MP@ML)、メインレベル 422 プロファイルプロファイル(422@ML)の3種類が選択でき、MPEG エンコーダはメインレベルシングルプロファイル、メインレベルメインプロファイルの2種類が選択できる。本報告の実験では、データ量の少ないメインレベルシングルプロファイルを採用した。

表 1 プロファイル

	Simple Profile	Main Profile
Main Level	SP@ML	MP@ML
Low Level	(未定義)	MP@LL

太枠は、本研究採用のプロファイル

2.3 ネットワーク

動画像双方向通信を可能とするネットワークに関して述べる。Gigabit ネットワークと MPEG エンコーダ/デコーダを用いた遠隔実験授業参加者に事前アンケートを行ったところ、人の表情やプロジェクターの文字の視認性を確保する為には、動画像変換レートとして4~6Mb/sが必要であった。これを考慮すると、動画像双方向通信を行なうための必要帯域幅は8 Mb/s~12Mb/s 程度であるが、余裕を持たせて倍の24Mb/sが必要と算定した。福井大学と福井県立大学との間に敷設でき、24Mb/s以上の帯域幅をもつネットワークは、Ethernet、FDDI (Fiber-Distributed Data Interface)、ATM (Asynchronous Transfer Mode)、100VG-AnyLan、HIPPI (High Performance Parallel Interface)等が想定された^{[12][13]}。福井大学と福井県立大学との距離は、およそ10 kmある。この間を接続する手段として、HIPPI や ATM、FDDI は高価であり、100VG-AnyLanは伝送距離が1.4 km以下であってこの事例には不足していた。これらを考慮すれば、Ethernet が妥当だと考えた。一般的な Ethernet は10BASE-T や100BASE-TX の規格であり、この Ethernet ケーブルの多くは、UTP ケーブルを使用している。このケーブルは扱いが容易という利点があるが、伝送距離が短く、リピータの台数制限もあるために、数 Km 先との接続には利用できない難点がある。そこで光と電気信号とを変換するメディアコンバータの使用を考えた(図2参照)。これは、一方の端子から100BASE-TX のツイストペアケーブルを接続し、他方には光ファイバーケーブルを接続する。このコ

ンバータによりツイストペアケーブルの100BASE-TXから100BASE-FXへと変換し、伝送距離を伸ばす。ネットワークシステム構成を図3に示す。

2.4 光ファイバーケーブル

本事例で採用した光ファイバーケーブルに関して述べる。大きく分けて光ファイバーケーブルはシングルモードとマルチモードの2種類が存在する(表2)^[14]。長距離の伝送を行なう場合は、シングルモード光ファイバーケーブルを用いる。伝送距離2 km 以内の近距離用ではマルチモード光ファイバーケーブルを使用する。一般的に、マルチモード光ファイバーケーブルは安価であるのに対して、シングルモード光ファイバーケーブルは高価である。福井大学と福井県立大学との距離は約10 kmなので、シングルモード光ファイバーケーブルを採用した。図2中の装置(FS1200AG)は、Gigabit ネットワークの ATM と Ethernet との packets 変換を兼ねたルータである。この構築したネットワークシステムを用いて、福井大学側の学内 Gigabit ネットワークと県立大学のネットワーク内にそれぞれ MPEG エンコーダ/デコーダを搭載した PC を設置して DVD 並みの品質を持つ動画像の双方向通信が可能なことを確認した。

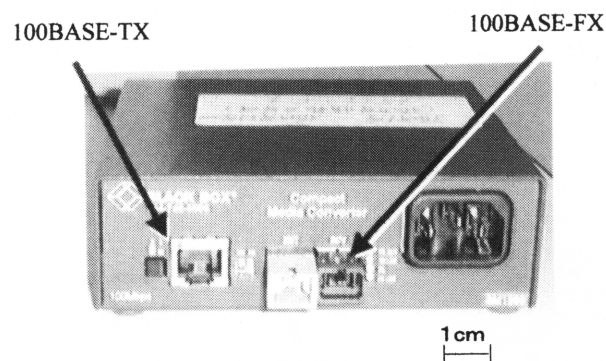


図2 使用したメディアコンバータ

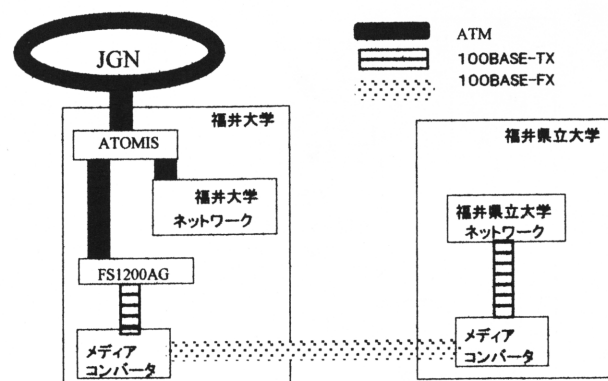


図3 福井大学と福井県立大学との接続図

表2 光ファイバーケーブルの種類

種類	シングルモード光ファイバー	マルチモード光ファイバーケーブル	
		ステップ	グレーデッド
伝送距離	20~60km	500m程度	2km程度
伝送速度	10Gbps~	50Mbps	数 Gbps 程度

3. Gigabit ネットワークの活用

3.1 ネットワーク構築

福井大学内には Gigabit ネットワークのアクセスポイントが存在する。これにより、同様のアクセスポイントを有する大学、研究機関等との間で動画画像を含む広帯域の通信ができる。しかし、中継先にアクセスポイントが無い場合がある。このような場合でも動画画像双方向通信を行ないたいという要求がある。この解として、近くのアksesポイントに専用回線を接続して中継先までネットワークを延伸する技術の確立を目指した。このような複合的なネットワークにおける動画画像の通信実験を2001年5月31日に電気通信大学と福井商工会議所間で行った。

福井大学と電気通信大学には、Gigabit ネットワークのアクセスポイントがあり、両大学間で動画画像の双方向通信が可能である。しかし、福井大学と福井商工会議所との間には動画画像の送受信を可能とするネットワークがなかった。そこで、動画画像の双方向通信が可能な Gigabit ネットワークと同等の伝送能力を持つ専用回線を用いて福井大学と福井商工会議所間を接続することを考えた。福井大学と福井商工会議所との間は2km強あり、ケーブルの減衰を考慮する

とマルチモードでの接続は不可能と考え、シングルモード光ファイバーによるネットワーク構築を考えた。

福井大学や電気通信大学にある Gigabit ネットワークアクセスポイントは、ATM 規格のネットワークである。これを考慮すれば、福井大学と福井商工会議所との間も ATM ネットワークで接続するほうが簡単な構成となる。しかし、通信相手となる電気通信大学側の端末が TCP/IP ネットワークインターフェースに固定されていた。ATM ネットワークにおいて IP Over ATM 規格^[13]を使用して TCP/IP ネットワークを構築するより、TCP/IP ネットワークに幅広く使われている Ethernet を使用したほうがパフォーマンスはよいと考え、この構成による福井大学と福井商工会議所間のネットワークを設定した。一方、電気通信大学側のネットワーク構成は、UNIX - OS をインストールして ATM と Ethernet との PC ルータを構築し、ATM と Ethernet のパケット変換を行なう構成とした。この構成を図4に示す。図のM/Cと表記した装置は、100BASE - TX と 100BASE-FX とのメディアコンバータであり、図2に示すものと同一である。又、MPEG PC とは MPEG エンコーダ/デコーダを搭載した PC を表す。ATOMIS7 は Gigabit ネットワークのアクセスポイントに設置された ATM スイッチ(通信・放送機構が設置)である。電気通信大学の動画データは MPEG PC から PC ルータに入り ATM から Ethernet のパケットに変換される。パケット変換されたデータは ATM スイッチの ATOMIS を介して Gigabit ネットワークへと流れる。福井大学において

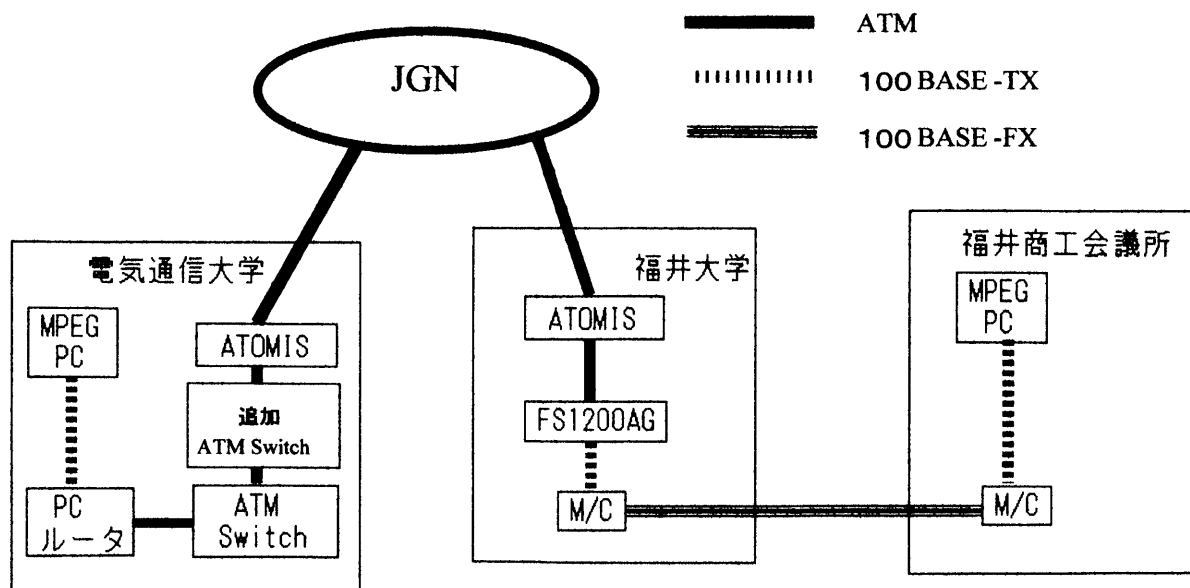


図4 電気通信大学から福井商工会議所までのネットワーク図

は ATM スイッチの ATOMIS を経由して FS1200AG でパケット変換されて 100BASE-TX 規格のパケットになる。さらにメディアコンバータによって 100BASE-FX へと変換され、2km はなれた商工会議所にはいる。その後、メディアコンバータにより再び 100BASE-TX となり、MPEG PC へとデータが渡される。この構成を用いて、電気通信大学と福井商工会議所間の動画通信ができること中継前日の 5 月 30 日に確認した。

3.2 Gigabit ネットワークにおける障害の発生

中継当日の 5 月 31 日に、トラブルが発生した。ネットワーク構成および器材の変更を行っていないにもかかわらず、PC ルータの ATM カードが LINK しなくなった。そこで、光ファイバケーブルの減衰を PC ルータと LS1000 間をテスターで計測した

ところ、前日に計測した時は -8dB ~ -9dB であったが、再計測では -12dB と下がっていた。この原因を調査したところ、図 4 中の、複数の ATM スイッチを結ぶパッチパネルの特定の箇所で大きな減衰を起こしていた。

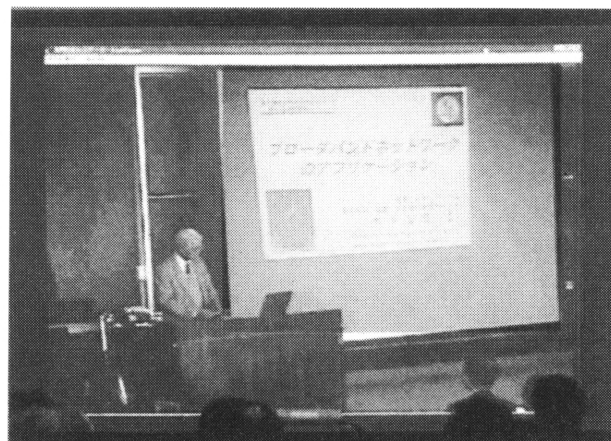


図 6 福井商工会議所に表示された電気通信大学側講演者の映像

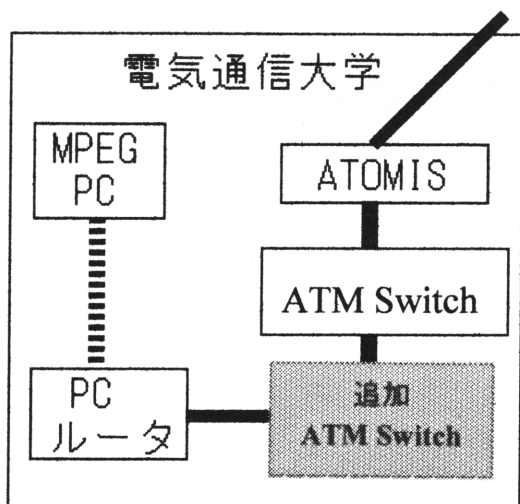


図 5 変更した電気通信大学側のネットワーク構成

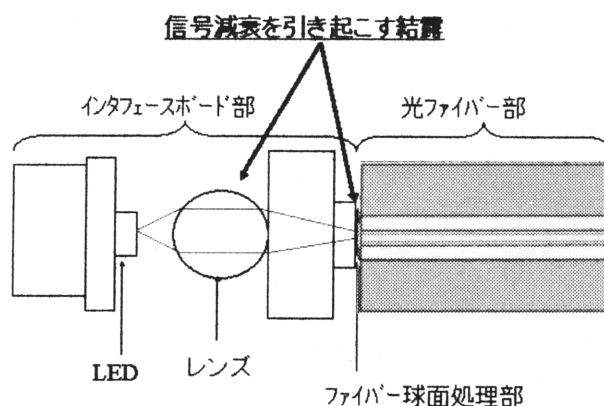


図 7 光ファイバコネクタ部の断面模式図

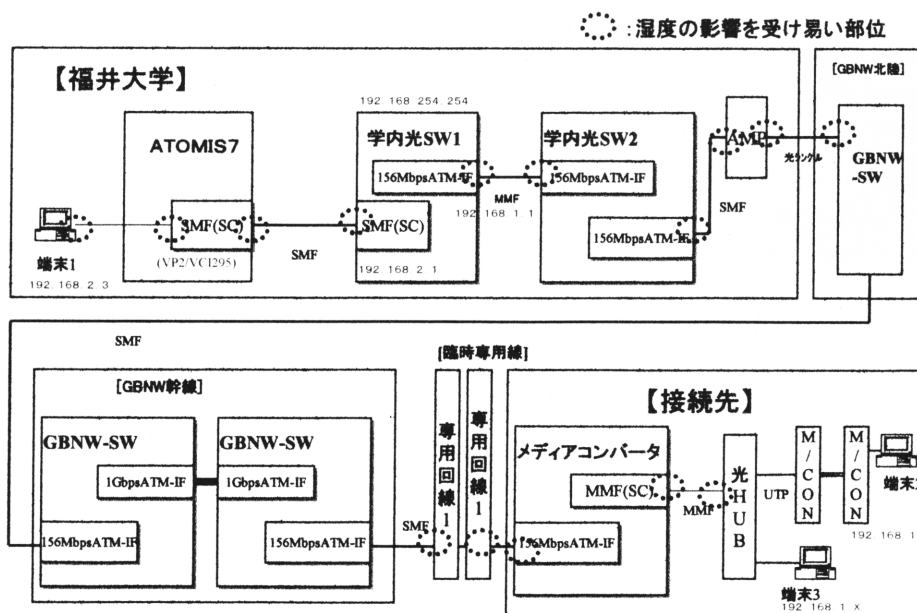


図 8 延伸したネットワークにおいて、結露に注意すべき箇所

この減衰分を回復する為、図5のように電気通信大学側ネットワークの途中にもう1つのATMスイッチ(図4には追加ATM Switchと記す)を光信号のパワーアンプとして挿入した。その結果、ATMカードがLINKして視認性の良い動画像通信をすることが出来た。その様子を図6に示す。

ATMネットワークがLINKしなかった原因は、その後の調査で部品に生じた結露であると考えられた。光ファイバーの模式図を図7に示す。明け方の気温の変化によって、パッチパネルのコネクタ内に空気中の湿度に起因する結露が発生し、結果として光信号を減衰させたか、光を散乱または反射させたものと考えられた。その影響で、前日と同じ機材やネットワークであるにもかかわらず光信号が減衰していたと考えられた。福井県のように湿度の高い地域においては、このような光ファイバーケーブルを用いたネットワークを使用するにあたり、コネクタやパネル類のある場所は空調管理が重要であると考えられる。本事例のにおいてこのような管理が必要な箇所を図8に示す。図中の丸印の箇所がパッチパネルやウォールアウトレット存在を示す。東京と福井の如き遠距離を既存のGigabitネットワーク及び臨時の専用線で接続する場合、多数のネットワーク的に脆弱な部分が含まれる為、十分な注意が必要である。

4. まとめ

福井県にはじめて設置されたGigabitネットワークを延伸し、福井県立大学と福井大学の間で動画像の双方向通信が可能なネットワークを構築した。

次に、Gigabitネットワークに専用回線を接続してネットワークを延伸し、音声遅延が少なく、臨場感に富む動画像の双方向通信が可能であることを示した。これにより、Gigabitネットワークのアクセスポイントが無い地点でも、ネットワークの延伸によって遠隔地間の動画像双方向通信ができることを実証した。この結果、遠方の大学や研究機関との間で授業または講演内容が臨場感を維持した状態で通信可能となった。

本論文の検討において、ATMネットワークがLINKしない現象が生じた。これは、パッチパネルを設置している箇所において、結露が生じた為と考えられる。この事象は、環境の変化と減衰量との関係が明白になっていないので、今後の研究課題である。

謝辞

本研究に際しては、電気通信大学の三木哲也教授、

菅原真司助手、教職員及び学生の皆様には、Gigabitネットワークを介した通信路設定で御尽力をいただきました。厚くお礼申し上げます。またネットワーク構築の実務に関しては、福井大学工学部情報工学科の諸氏に多大なご協力をいただきましたので深く感謝の意を表します。

参考文献

- [1] Japan Gigabit Network : <http://www.jgn.tao.go.jp/>
- [2] 岡本敏雄編著：インターネット時代の教育情報工学 1, 森北出版, 2001 年
- [3] 石黒智則, 中野慎夫, 川島君知, 黒田卓: 高臨場感遠隔教育システムの構築法の一検討, 電子情報通信学会, Vol.98, No.102, 1999 年
- [4] 西原功, 中野慎夫, 朝倉剛, 島山朋二, 島村和典, 加藤寛治, 日比野靖, 黒田卓, 西山純一: 遠隔教育環境における高臨場感の実現に関する検討, オーディオビジュアル複合情報処理, Vol. 30, No.10, PP.55-60, 2000 年
- [5] 藤原洋: 実践 MPEG 教科書, アスキー出版局, 1995 年
- [6] 安田浩: マルチメディア符号化の国際標準, 丸善株式会社, 1991 年
- [7] 川崎秀幸: マルチメディアネットワーク授業における教材視認性の研究, 福井大学工学部情報工学科平成 12 年度卒業研究
- [8] Craig Partridge, 西田 竹志: ギガビットネットワーク, ソフトバンク株式会社, 1995 年
- [9] NTT エレクトロニクス株式会社 MPEG-2 黎明製品 RM300: <http://www.nel.co.jp/reimay/rm300s.htm>
- [10] NTT エレクトロニクス株式会社 MPEG-2 黎明製品 RD200: <http://www.nel.co.jp/reimay/decoder.html>
- [11] MPEG 符号化技術 : http://www.eizojocho.co.jp/i/i_pdf/9811shinkijiku.pdf
- [12] 神成弘昭, 宮坂順之, 松井節男: ギガビット時代の LAN テキスト, 東京電機大学出版局, 1997 年
- [13] 富永英義: 標準 ATM 教科書, アスキー出版局, 1995 年
- [14] ドナルド・スターリング, 赤木 保之訳: 光ファイバーネットワーク構築入門, リックテレコム, 1999 年